

Ilkka Kotisalo

ANTURIVIKOJEN VAIKUTUS
PAKOKAASUPÄÄSTÖIHIN
VW Golf FSI 1.6

Opinnäytetyö
Auto- ja Kuljetustekniikka


Joulukuu 2009




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 1.12.2009
Tekijä(t) Ilkka Kotisalo		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka Autotekniikka ja -elektroniikka
Nimeke Anturivikojen vaikutus pakokaasupäästöihin		
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksena oli tutkia nykyaikaisen moottorin päästöjä vikatilanteissa. Kohteena oli aikaisemman insinööritoiminnan kohteena ollut Golf FSI-moottori. Moottori oli alun perin rakennettu käytettäväksi moottoridynamometrissä. Moottoria on tarkoitus voida pitää käynnissä ja tehdä mittauksia.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi OBD-järjestelmän toimintaa, toimintaa nykyaikaisessa autossa ja työprosessiä kuinka moottoridynamometrissä ajettu moottori muutetaan käytettäväksi ilman dynamometriä. Työn laatija testasi myös pakokaasupäästöjä ja moottorinohjausta.</p> <p>Työhön kuului moottoripukin rakentaminen, jotta irrallista moottoria voitaisiin pitää käynnissä. Tähän prosessiin kuului itse pukin ja koko pakoputkijärjestelmän kasaaminen ja hitsaaminen, koska moottoridynamometrissä ei ollut vaimenninta. Työn päätyttyä moottori on täysin käyttövalmis avaimesta kääntämällä. Järjestelmään on jatkoa ajatellen helppo toteuttaa lisää diagnostiominaisuuksia. Järjestelmä toimii hyvänä laboratoriomittauskohteena tuleville opiskelijoille.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Ajoneuvot, autotekniikka, moottorit, elektroniikka, pakokaasupäästöt, diagnostiikka		
Sivumäärä 20+1	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:amk-200912087325
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Janne Varis		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin Ammattikorkeakoulu

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 1.12.2009
Author(s) Ilkka Kotisalo	Degree programme and option Automotive and Transport Engineering Automotive and Electronics	
Name of the bachelor's thesis Sensor fault effect on emissions		
Abstract <p>The purpose of this work is to analyze the emissions of a modern combustion engine in fault situations. The subject of this work is a Golf FSI-engine, which is the result of an earlier thesis work. The engine was originally made to be used in an engine dynamometer. The purpose of the engine is to serve as a study aid for the students to use.</p> <p>In this work there is an explanation of the principles of an OBD-system in a modern car, the work process of getting the engine to working order without the dynamometer, and tests involving the engine management and exhaust emissions..</p> <p>The work involves the building of the support trolley for the engine so it could be run. This process was made up of building and welding the trolley itself and also the whole exhaust system, because the engine did not have any mufflers when it was used on the dynamometer. The finished result is ready to be used with the turn of the key. For the future it is relatively easy to implement more diagnostics features into the engine and it will serve as a good diagnostics exercise.</p>		
Subject headings, (keywords) Vehicles, automotive technology, electronics, diagnostics, exhaust emission		
Pages 20+1	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:amk-200912087325
Remarks, notes on appendices		
Tutor Janne Varis		Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of Applied Sciences

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 PAKOKAASUPÄÄSTÖJEN SEURANTA.....	1
2.1 OBD-testerit.....	2
2.2 Päästönormit ja testaus.....	5
2.3 Pakokaasujen muodostus.....	7
3 LÄHTÖKOHDAT.....	8
3.1 Moottori.....	9
4 MOOTTORIPUKIN TEKO.....	10
4.1 Jäähdytys.....	12
4.2 Pakoputkisto.....	13
5 TESTAUKSEN SUORITUS.....	14
5.1 Laturin diagnosointi.....	14
5.2 Pakokaasupäästöjen mittaus.....	14
5.2.1 Antureiden vikatilat.....	15
5.2.2 Imusarjan ilmavuoto.....	16
5.2.3 Muut testauskohteet.....	19
6 POHDINTA.....	19
LÄHTEET.....	21

1 JOHDANTO

Kaikissa nykyaikaisissa autoissa on pakollisena varusteena OBD-järjestelmä valvomas-
sa pakokaasupäästöihin vaikuttavien komponenttien toimintaa. Järjestelmä pitää huo-
len, ettei liiallisia päästöjä aiheuttavalla autolla ajeta kuljettajan tietämättä. Osa vioista
ei välttämättä tunnu kuljettajalle muuttuneena ajo-ominaisuutena, mutta nostaa pako-
kaasupäästöt yli sallittujen raja-arvojen. Modernissa autossa on monimutkaiset järjes-
telmät moottorinohjaukselle ja kaikkien järjestelmien tulee toimia oikein, jotta tämän
hetken tiukat päästörajoitukset voidaan toteuttaa.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena tutkia eri komponenttien simuloitujen vikojen
todellista vaikutusta päästöihin ja OBD-järjestelmän toimintaa vikatilanteissa. Työssä
käydään läpi OBD-järjestelmän toimintaperiaatteita, toimintaa nykyaikaisessa autossa,
työprosessi moottoripenkissä ajetun moottorin saamiseksi käytettäväksi ilman mootto-
ridynamometriä ja suorittaa pakokaasupäästöihin ja moottorinohjaukseen liittyviä tes-
tauksia.

2 PAKOKAASUPÄÄSTÖJEN SEURANTA

Jo 70-luvulla sähköisten moottorinohjausyksiköiden ilmestyttyä ajoneuvoihin, tulivat
myös ensimmäiset diagnostiikka ominaisuudet autoihin, mutta ratkaisut olivat malli ja
valmistaja kohtaisia ja tarkoitettu tehtaalla käyttöön tai merkkikorjaamoihin. Vuonna
1980 GM lisäsi valmistamiinsa autoihin ALDL (Assembly Line Diagnostic Link) järjes-
telmän, joka oli tarkoitettu tehtaalla ja merkkikorjaamoissa diagnosointiin. Myös omis-
taja sai käytettyä järjestelmää yhdistämällä kaksi pinniä, jolloin kojelaudassa merkkivalo
antoi 2 numeroisen vilkkukoodin viasta. Varsinaisesti OBD eli On-Board Diagnostics
sai alkunsa 80-luvun loppupuolelta Kalifornian osavaltion ilmanlaatukomitean (CARB)
määrätessä vuodesta 1988 alkaen osavaltiossa myytäviin autoihin diagnostiikka järjes-
telmän. Tässä vaiheessa ei ole olemassa mitään standardia liittimen paikasta, yhteyspro-
tokollista tai vikakoodeista. Vasta vuonna 1994 CARB määrää vuodesta '96 eteenpäin
myytäviin autoihin standardoidun diagnostiikka järjestelmän OBD-II. Tarkoituksena oli
parantaa autojen päästöjen testausta ja valvontaa. OBD-II määritelmä käyttää SAE:n

(Society of Automotive Engineers) ehdottamia standardeja liittimen sijainnille ja yhteysprotokollille. EU määräsi 1998 vuodesta 2001 eteenpäin myytäviin bensiiniautoihin EOBD-järjestelmät ja vuodesta 2003 eteenpäin dieselautoihin./4/

OBD:n tarkoituksena on tarkkailla ajoneuvon päästöihin vaikuttavia komponentteja ja ilmoittaa kuljettajalle sytyttämällä moottorivikamerkkivalon järjestelmän vikatilasta, joka aiheuttaa päästöjen nousun. Auton omistaja täten tietää viasta ja käy korjauttamassa autonsa, jolloin säästytään liiallisilta päästöiltä. Osaa päästöihin vaikuttavista vikatiloista ei normaali kuljettaja välttämättä huomaa lainkaan auton normaalista toiminnasta poikkeavana. Auto on korjattava kumminkin viimeistään katsastukseen mennessä, koska OBD:n vikakoodi estää auton katsastuksen hyväksymisen.

Nyrkkisääntönä OBD:ssä on valvoa kaikki päästöihin vaikuttavat komponentit ja toiminnot. Viat osoitetaan kuljettajalle sytyttämällä vikamerkkivalo (MI). Sähköisten komponenttien osalta valvotaan virtapiirien katkokset ja oikosulut. Järjestelmän toimintojen osalta valvotaan viat, jotka johtaisivat uuden auton EU-hyväksyntäpäästötestissä päästöjen nousuun yli raja-arvojen CO 3,2 g/km, HC 0,4 g/km ja NO_x 0,6 g/km /1, s. 503/.

Vian ilmetessä diagnostiikka kirjaa vikakoodin ja vian tapahtuma hetkenä vallitsevat olosuhteet muistiin. Mikäli sama vikakoodi ei uusiudu tietyn ajosykli määrän aikana, vikakoodi poistuu väliaikaisena vikana.

2.1 OBD-testerit

Vikakoodien lukuun on saatavilla laaja valikoima erilaisia laitteita. Katsastusasemat käyttävät pääosin erillisiä laitteita, jotka on tarkoitettu vain OBD-testaamiseen. Korjaamo olosuhteisiin tarkoitetuissa testereissä on mukana myös muita diagnostiikka ominaisuuksia kuten oskilloskooppi ja normaalit sähkömittaukset. Nämä ovat pääsääntöisesti hintaluokassa, joka ei sovellu normaalille autonomistajalle. Halvempana vaihtoehtona saatavilla on myös tavalliseen tietokoneeseen tai kannettavaan tietokoneeseen USB:llä

liitettäviä laitteita, jotka vain tarvitsevat diagnostiikka ohjelman tietokoneelle. Olemassa on kaupallisia diagnostiikkaohjelmistoja, mutta myös ilmaisia avoimen koodin ohjelmistoja.

Kommunikointi testerin ja auton välillä tapahtuu vuosimallista ja merkistä riippuen jollakin viidestä eri protokollasta. Nykyaikaisissa autoissa on pääsääntöisesti CAN-väylää käyttävän ISO 15765 standardin mukainen liitäntä ja protokolla. Testeri lähettää CAN-väylään koodin, jonka väylässä oleva ohjainlaite tunnistaa ja vastaa lähettämällä pyydettyä informaation väylään, jonka testeri lukee ja näyttää ruudulla. Standardiin kuuluu tietty määrä pakollisia koodeja joiden lisäksi valmistajat voivat lisätä omia koodejaan muiden toimilaitteiden diagnosointia varten.

	Napa	Liitäntä
	7 ja 15	Tiedonsiirto DIN/ISO 9141-2 mukaan, napa 7: K-johto, napa 15: L-johto
	2 ja 10	Tiedonsiirto SAE 1850:n mukaan, napa 2: Bus+, napa 10: Bus -
	1, 3, 8, 9, 11-13	Ei määriteltä
	4	Maadoitus (kori, tehomaa)
	5	Maadoitus (signaalimaa)
	6	CAN HIGH
	14	CAN LOW
	16	Akkujännite (plus)

Kuva 1 OBD-pistoke /1 s . 503 /

OBD-pistoke sijaitsee normien mukaan puolen metrin etäisyyden sisällä kuljettajan istuinpaikalta. Yleisimmät paikat pistokkeelle ovat kuskin vasemmalla kuskinjalkatilan yläpuolella kojelaudan alla, keskikonsolissa tuhkakupin alla tai istuinten välissä säilytyslokeron pohjan alla.

Normin ISO 15031-4 mukaan ohjainlaite tunnistaa automaattisesti testattavan moottorin ohjausjärjestelmän tiedonsiirtoprotokollan ja signaalilajin. Normi määrittää yksittäisten toimintavaiheiden toimintotavat ja tietomuodot seuraavasti.

Vaihe 1 - Järjestelmän diagnoositietojen luku, sisältää esim. analogiset tulo- ja lähtösignaalit (esim. lambda-anturin signaali), digitaaliset tulo- ja lähtösignaalit (esim. kaasuläpän asema), järjestelmän rakenneinformaation ja laskentatulokset (esim. suihkutusaika).

Vaihe 2 - Olosuhteet vian esiintyessä ensimmäisen kerran, esim. moottorin pyörintänopeus, lämpötila, ajokilometrit ja nopeus.

Vaihe 3 - Vikamuistin luku, tulostetaan päästöjä lisäävästi vaikuttavat vikamerkkivalon syttymiseen johtaneet viat.

Vaihe 4 - Vikamuistien tyhjennys ja vikaa seuranneen informaation poisto.

Vaihe 5 - Lambdatunnistimien testi- sekä kynnysarvojen tulostus.

Vaihe 6 - Ei jatkuvasti valvottavien toimintojen mitta-arvojen tulostus.

Vaihe 7 - Vikamuistin luku, tulostetaan häiriöt, jotka eivät ole johtaneet vikamerkkivalon syttymiseen.

Vaihe 8 - Varattu merkkikohtaiseen testiin.

Vaihe 9 - Varattu ajoneuvon tunnistetiedoille /1, s. 504./

OBD-testin suoritus katsastuksessa etenee seuraavasti:

1. Tarkastetaan silmämääräisesti, että päästöihin vaikuttavat komponentit ovat paikoillaan ja kunnossa.
2. Silmämääräisesti valvotaan myös, että vikamerkkivalo (MI) syttyy virta kytkettäessä ja sammuu moottorin käynnistyessä.
3. Liitetään OBD-testilaite 16-napaiseen diagnoosipistokkeeseen ja käynnistetään moottori sekä tulostetaan ns. diagnoosijärjestelmän tila, eli

- vikakoodien lukumäärä.
- vikamerkkilampun (MI) tila.
- osajärjestelmien testaustila.

4. Jos osajärjestelmätestejä ei ole suoritettu, testataan lambdasäädön toiminta:

- Lambdaintegraattori kaikissa säätöpiireissä (lohkoista) tai
- Säätevien lambdatunnistimien signaalit (jännite, virta tai lambda-arvo)
- Jos edellä mainittuja ei ole saatavissa, testataan pakokaasuanalysointorilla lambda-arvo joutokäynnillä.

5. Mitataan päästöt korotetulla pyörintä nopeudella vähintään 2000 min⁻¹. Raja-arvot ovat: CO ≤ 0,2 % til. HC ≤ 100 ppm ja $\lambda = 1 \pm 0,03$ / 1 s. 506./

2.2 Päästönormit ja testaus

Vuodesta 1993 lähtien Euroopan Unionin alueella on ollut voimassa henkilöautoille päästönormisto, joka rajoittaa uusien autojen päästöjen määrää. Uusia normeja on tullut 4-5 vuoden välein tiukentaen tulevaisuudessa myytävien autojen päästörajoja ja laajentaen mitattavia päästöjä.

Diesel g/km

Luokka	Voimaantulo	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro 1	heinäkuu 1992	2,72	-	-	-	0,97	0,14
Euro 2	tammikuu 1996	1	-	-	-	0,7	0,08
Euro 3	tammikuu 2000	0,64	-	-	0,5	0,56	0,05
Euro 4	tammikuu 2005	0,5	-	-	0,25	0,3	0,025
Euro 5	syyskuu 2009	0,5	-	-	0,18	0,23	0,005
Euro 6	syyskuu 2014	0,5	-	-	0,08	0,17	0,005

Bensa g/km

Luokka	Voimaantulo	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM
Euro 1	heinäkuu 1992	2,72	-	-	-	0,97	-
Euro 2	tammikuu 1996	2,2	-	-	-	0,5	-
Euro 3	tammikuu 2000	2,3	0,2	-	0,15	-	-
Euro 4	tammikuu 2005	1,0	0,2	-	0,08	-	-
Euro 5	syyskuu 2009	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005
Euro 6	syyskuu 2014	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005

Taulukko 1 Euro päästönormit /4; 5; 6; 7; 8/

Normaalissa tieliikenteessä olevista autoista valvotaan pakokaasupäästöjä mittaamalla ne määräaikaikatsastuksen yhteydessä. Mikäli auto ei alita määrättyjä raja-arvoja, katsastus hylätään ja auto pitää korjauttaa. Raja-arvoja on tällä hetkellä 4 eri luokkaa. Vuoden 1978 ja 30.9.1986 ja 86 eteenpäin välisenä aikana rekisteröidyiltä autoilta mitataan vain joutokäynnillä CO ja HC arvot. Vähäpäästöisiksi tai kolmitoimi-katalysaattori merkinnällä varustetuilla autoilla on omat rajansa joutokäynnille ja vähintään 2000 rpm kierroksilla mitattuna. Nykyaikaisille OBD autoilla joutokäynti testauksen korvaa OBD-vikakoodien luku. Lisäksi hylkäysperusteena on liiallinen jäännöshapen määrä, mikä viittaa pakoputkivuotoon. Mikäli CO-pitoisuus ylittää 6% auto menee suoraan ajokieltoon/3./

	78 – 86	86->
	joutokäynti	joutokäynti
CO (%)	4,5	3,5
HC (ppm)	1000	600

	Vähäpäästöinen tai katalysaattori	OBD	
	joutokäynti	väh 2000rpm	väh 2000rpm
CO (%)	0,5	0,3	0,2
HC (ppm)	100	100	100
Lambda		0,97 – 1,03	0,97 – 1,03

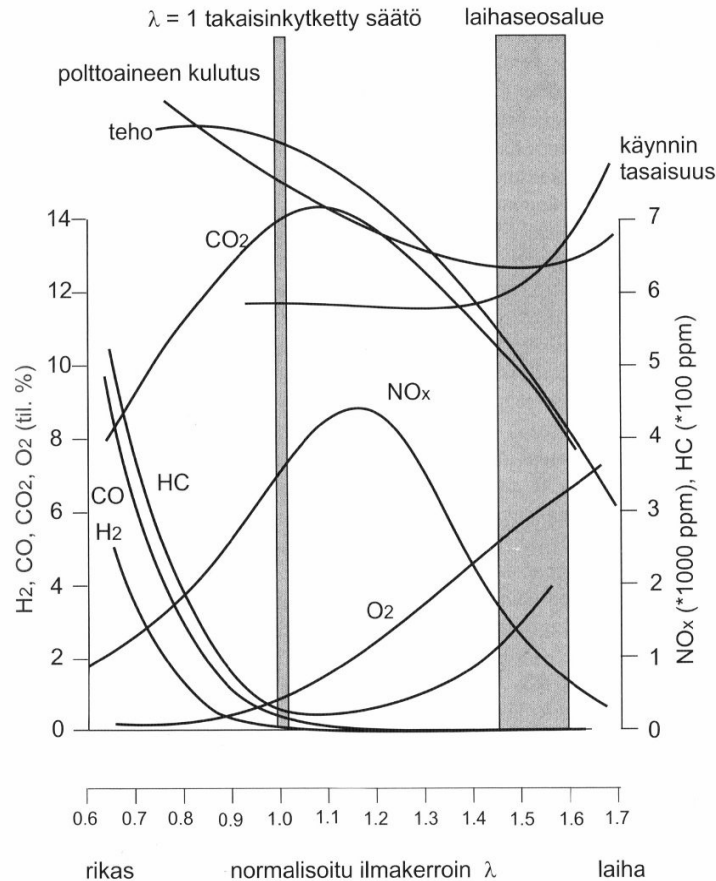
Taulukko 2 Katsastuksen päästörajat

Pakokaasupäästöjen mittausta on pääasiassa kahta erilaista. EU-päästönormien mitauksissa autoa ajetaan tietyssä ajosykliissä ja päästöarvot ovat gramma per kilometri. Ajosykliillä simuloidaan normaalia tieliikenneajoa ja näin saadaan ajoneuvon todellinen pakokaasupäästö. Tällainen päästomittaus vaatii paljon laitteistoa, joten se ei ole käytännöllinen jo liikenteessä olevien päästöjen valvomiseen.

Katsastuksessa päästöt ilmoitetaan pakokaasun koostumuksen tilavuusprosentteina ja miljoonasosina. Pakokaasuanalysaattorissa on sisällä anturit jokaiselle mitattavalle kaasulle. Katsastus tapahtumassa moottoria käytetään ilman kuormaa ja verrataan auton pakokaasun pitoisuuksia asetettuihin raja-arvoihin.

2.3 Pakokaasujen muodostus

Bensiinipolttomoottorin pakokaasupäästöt koostuvat hiilidioksidista, hiilimonoksidista, hiilivedyistä, typenoksideista, hapesta ja vedestä. Normaalisti toimivassa moottorissa näiden päästöjen määrät ovat suhteessa toisiinsa kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 2 Pakokaasun pitoisuudet seossuhteen

mukaan /1 s.167/

Kyseisen kuvaajan suhteet pitävät paikkansa pakokaasuissa ennen katalysaattoria. Olttaessa lambdan-arvossa 1 ja sen välittömässä läheisyydessä 3-toimikatalysaattori ”polttaa” pakokaasussa olevat HC, CO ja NO_x kaasut lähes kokonaan. Kun siirrytään tästä laihemmalle alueelle, kuten työssä käytettävässä FSI laihaseosmoottorissa, tarvitaan erillinen NO_x -varaajakatalysaattori poistamaan liialliset typenoksidipäästöt. Laihaseoksen käytön aikana varaajakatalysaattori kerää pakokaasuista typenoksidit ja tietyin väliajoin moottorinohjaus pelkistyyttää ne käyttämällä konetta rikkaalla seoksella /2, s. 564-565/.

3 LÄHTÖKOHDAT

Työn kohteena on opinnäytetyönä rakennettu projekti, jossa kolaroidusta Volkswagen GOLF V FSI 1.6l autosta on otettu moottori ja tarpeelliset instrumentit moottorin penkissä käyttämistä varten. Moottori on purettu nokkaan kolaroidusta autosta, jonka takia osa johtosarjasta on jouduttu tekemään uudestaan ja komponentteja jouduttiin vaihtamaan uusiin.

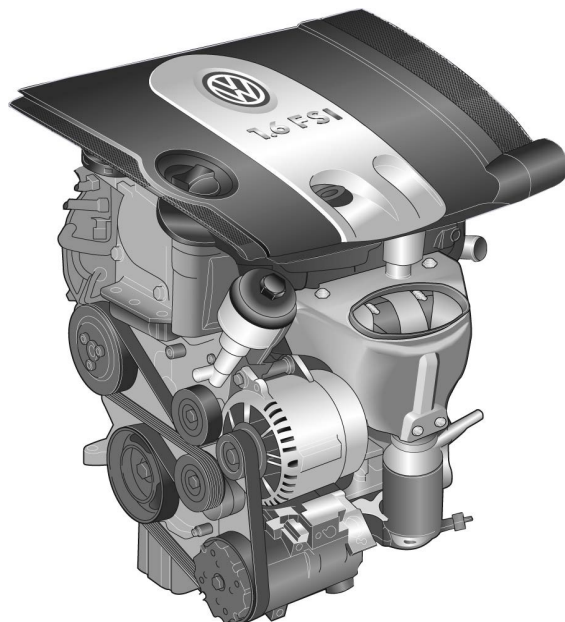
Tauluun on rakennettu käytännössä auton koko sähköjärjestelmä. Modernissa autossa joudutaan ottamaan lähes koko sähköjärjestelmä mukaan mikäli halutaan sen toimivan oikein. Liitteessä 1 näkyy moottorin perussähköjärjestelmä ja anturit. Kuvasta poiketen kyseisessä moottorissa ei ole toista lambda-anturia katalysaattorin jälkeen. Kyseisessä autossa on käytössä nykyaikana yleinen CAN-väylätekniikka, eli auton ohjainlaitteet ovat auton sisäisessä lähiverkossa, jossa tieto kulkee kaikkien laitteiden välillä.



Kuva 3 Instrumenttaulu

3.1 Moottori

Moottori on VAG konsernin 1,6 litrainen 4-sylinterinen FSI-moottori, eli bensiini suorasuihkutus laihaseosmoottori. Laihaseostoimintaa ei aikaisemmassa työssä saatu toimimaan, koska moottorinohjaukselta puuttui nopeustieto, joka tarvitaan laihaseoksen päälle kytkeytymiseen. Moottoridynamometrissä moottoria ajettaessa ilmeni vikoja nakutusanturin signaalissa sekä latauksen merkkivalo ajoittain paloi. Virta ei penkissä ajon aikana ollut loppunut, joten laturi toimii ainakin osittain. Ilmastoinnin kompressorია ei ole otettu moottorista irti, mutta ilmastointi on kytketty pois päältä, joten magneettikytkin pysyy auki eikä kompressorі pyöri.



Kuva 4 VW FSI 1,6

Moottori käyttää Boschin Motronic MED suorasuihkutus moottorinohjaus järjestelmää. Järjestelmä muistuttaa diesel autoissa käytettyä Common Rail-tekniikkaa ja korkean paineen takia polttoainetta voidaan suihkuttaa palotilaan missä tahansa työkierron vaiheessa. Suorasuihkutus mahdollistaa tehokkaan pakokaasujen takaisinkierätyksen, mutta siitä huolimatta laihaseoskäytön aikana NOx päästöjen vähennys ei ole riittävä ja tarvitaan erillinen Nox-varaajakatalysaattori. Varaaja kerää laihaseoksen aikana syntyneet NOx päästöt ja ajoittain moottorinohjaus regeneroi käyttämällä rikasta seosta/1498-500./

4 MOOTTORIPUKIN TEKO

Suunniteltua moottorin käyttöä ja OBD-testausta varten moottorille täytyy olla moottoripukki, jossa sitä voi käyttää ilman kuormaa joutokäynnillä ja korotetuilla kierroksilla kuten katsastuksessa päästömittausta suoritettaessa. Mikkelin Ammattiopistolta työhön saatiin Opel Asconan moottorin kanssa käytetty moottoripukki, josta saatiin hyödynnettyä perusrunko Golf:n moottorille.



Kuva 5 Vanha Opel Asconan moottoripukki

Käytettävä moottoripukki on ollut käytössä Mikkeli Ammattiopistolla Opel Asconan moottorin käyttöalustana. Pukissa on instrumenttitalu, paikka akulle ja polttoainetankki joita Golf:n moottorin kanssa ei tarvita, koska akku, polttoainetankki ja mittaristo ovat jo Golf:n omassa instrumenttitalussa. Muutoksia jouduttiin tekemään jäähdyttimen sijainnissa ja uudet moottorin tukiratkaisut molempiin päihin moottoria. Pukin vanhat kiinnikkeet ja ylimääräiset tukiraudat poistettiin. Jäähdyttimen sijainnin muutoksella vaihdelaatikon päähän saatiin jäähdytinletkut lyhyemmiksi ja kolme muuta sivua moottorista ovat avoimina mittausten helpottamiseksi. Jäähdyttimelle ei tarvinnut tehdä uusia kiinnikkeitä, koska vanhat kiinnike korvakkeet saatiin helposti siirrettyä tarvittavaan kohtaan. Korvakkeet hitsattiin kiinni moottoriin kiinni tulevaan poikkipalkkiin,

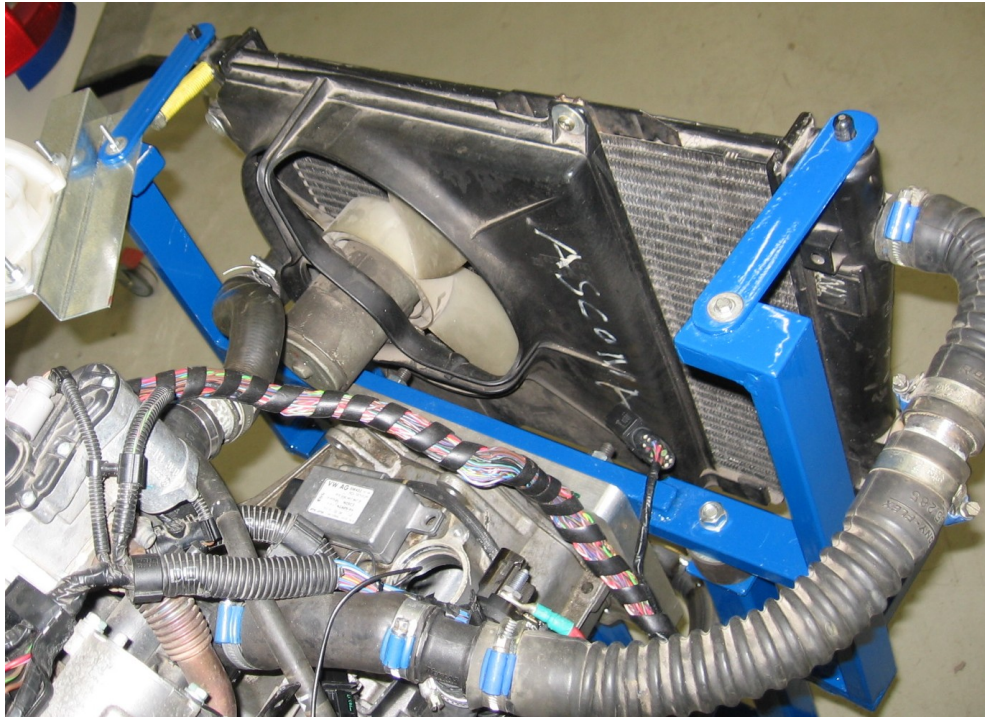
jolloin jäähdyttimen kehikko on moottorin kanssa jäykästi kiinni ja kumityynyillä joustettu.



Kuva 6 Moottori uuden pukin päällä

Moottorin etupäähän tehtiin suorakaideteräspankista tukirakenne jonka päälle etupään kumityyny sijoittuu. Tukirakenteiden valmistuksessa oma aikansa, koska moottorin kampiakselilinja piti saada mahdollisimman lähelle keskiviivaa. Näin ollen painopiste on lähellä keskikohtaa ja moottorin vääntö ei aiheuta liian suuria liikkeitä. Vasta moottoripukin valmistuksen ja maalauksen jälkeen löytyi AMK:n autolaboratorion syksyisen muuton jäljiltä moottorin alkuperäisestä moottorituesta tehty tuki, jota olisi voitu hyödyntää työssä. Vaihdelaatikon päässä tuennassa käytettiin hyödyksi moottoridynamometriä varten tehtyjä tukipilareita ja vaihdelaatikkoon lisättyä alumiinilevyä, joka oli moottoripenkissä kiinnityslevynä.

Kun rakenteet oli hitsattu valmiiksi ja pakoputkelle myös lisätty ripustuskumeja varten tankoja, rullasin pukin Ammattiopiston maalaamon puolelle. Maalaamossa pesin rakenteet puhtaaksi ja hioin maalipinnan valmiiksi ottamaan uusi väri. Itse maalausprosessi oli varsin nopea ja pääsin ensimmäistä kertaa maalaamaan ruiskulla. Aivan tasaista ei maalipinnasta tullut, mutta riittävä tähän käyttötarkoitukseen.



Kuva 7 Jäähdyttimen kiinnitys

4.1 Jäähdytys

Jäähdyttimenä käytetään moottoripukissa aikaisemmin olleen Opel Asconan jäähdytintä. Jäähdyttimelle itselleen ei tarvinnut hankkia uusia letkuja, koska Asconasta jääneet letkut saatiin hyödynnettyä. FSI-moottori on erikoinen siinä suhteessa, että siinä on



Kuva 8 Paisuntasäiliö

kaksi erillistä termostaattia, jotka aukeavat eriaikoina. Täytyi tutustua tovi jäähdytyksen toiminta kaavioon ennen kuin järjestelmän letkujen kytkentä selkeni. Lisäyksenä tarvittiin paisuntasäiliö ja säiliölle letkut. Säiliölle tehtiin tuki taittamalla ohuesta metallilevystä. Ammatti-opiston putkiosasto oli todella hyödyksi paisuntasäiliötä liittäessä. Tarvit-

tiin liitosputki 15mm ja 12mm sisähalkaisijalla oleville vesiletkuille ja putkiosastolla sellainen juotettiin kupariputkesta hetkessä. Paisuntasäiliön tukilevyyn lisäsin myös katkaisijan flektille.

4.2 Pakoputkisto

Moottorille jouduttiin tekemään kokonaan uusi pakoputkisto, koska edellinen putkisto oli rakennettu käytettäväksi moottoripenkissä eikä siinä ollut lainkaan vaimennusta. Putkisto kasattiin varaosaliikkeistä saatavista 45 ja 90 asteen mutkaputkista, metristä suoraa putkea ja tarvikevaimentimesta. Pakoputkisto tehtiin kiertämään moottorin alla lenkin, jotta se vie mahdollisimman vähän tilaa. Tämä teki myös pakoputkiston kasamisesta ja hitsaamisesta haastavaa, koska putken piti mahtua rungon palkkien välistä.

Pakosarjaan ennen katalysoattoria myös lisättiin mittauspiste, jotta voidaan tarkkailla päästöjä ennen katalysoattoria. Kollektoriin porattiin reikä ja siihen hitsattiin lambda-anturin kierteillä oleva mutteri. Näin ollen pakosarjaan voidaan liittää joko erillinen lambda-anturi tai tavallinen pakokaasuanalysoattori.



Kuva 9 Pakosarjan testausliitäntä

5 TESTAUKSEN SUORITUS

Vikatiilojen simulointi suoritettiin laitteiden liittimet irroittamalla ja kytkemällä ne vastuksellisilla välilyhdoilla tai jättämällä kaikki tai jokin pinni kytkemättä. Imusarjassa kaasuläpän alapuolella olevaan lisäilmaliitokseen lisättiin palloventtiili jonka avulla tehtiin hallitun kokoisia imuvuotoja. Testauksessa ja mittauksessa käytettiin Bosch:n KTS520 testeriä ja Autocomin CDP testeriä. Pakokaasuja mitattiin Boschin FSA560-testerin pakokaasuanalysointilaitteella pakoputken päästä ja kollektoriin tehdystä mittauspisteestä.

5.1 Laturin diagnosointi

Ensimmäisenä suurennuslasin alle joutui laturi, joka jo moottoripenkissä ollessaan oli välkäytellyt latauksen valoa mittaristossa. Akusta ei moottoripenkissä missään vaiheessa ollut virta loppunut kuitenkaan. Käynnissä ollessaan latauksen valo paloi sammuen satunnaisesti ja akulta mitattuna jännite oli akun normaali jännite. Oskilloskoopilla tutkittuna laturin B+ ja akun miinuksen väliltä jännitteessä näkyi vain yksittäisiä isoja piikkejä. Laturin herätteet tulivat liittimelle normaalisti ja johdoissa ei ollut katkoksia. Moottorissa oleva laturi todettiin rikkiinäkiseksi, jonka todennäköisyyttä lisäsi auton nokkakolari, jonka takia muun muassa startti oli jouduttu vaihtamaan uuteen. Myös itse laturin herätteiden liitin on osittain rikki.

Myöhempien testauksien yhteydessä huomasin latauksen valon sammuneen moottorin oltua pitkään päällä, jolloin akulta mitattuna jännite oli yli 14 voltia. Laturin ollessa lämmin oskilloskoopilla tutkittuna kuvaaja näytti olevan muuten normaali, mutta siinä oli edelleen suuria piikkejä, joten laturi pitää vaihtaa.

5.2 Pakokaasupäästöjen mittaus

Varsinaiset testaukset aloitin mittaamalla pakokaasupäästöt moottori normaalissa toimintakunnossa. Ensimmäisistä tuloksista ilmeni, että pakoputkisto vuotaa. Putkistossa on monia mutkia ja monta liitosta joten se oli odotettuaakin. Avasin kaikki pakoputkis-

ton liitokset ja tiivistin ne pakoputken asennustahdalla. Toimenpiteen jälkeen jäännöshapen määrä putosi alle puoleen prosenttiin joutokäynnillä.

	Normaali	Ennen Kat.	Lambda irti	Lambda irti ennen kat.	Imusarjanpaine- anturi irti
RPM	700	700	700	700	700
CO (%)	0,004	0,390	0,004	0,160	0,005
HC (ppm)	18	287	14	178	11
CO ₂ (%)	14,8	14,3	14,2	13,6	15,1
O ₂ (%)	0,5	0,9	1,4	2,3	0,2
Lambda	1,022	1,024	1,071	1,106	1,012

	Normaali	Ennen Kat.	Lambda irti	Lambda irti ennen kat.	Imusarjanpaine- irti
RPM	3000	3000	3000	3000	3000
CO (%)	0,004	0,649	0,003	0,303	0,099
HC (ppm)	14	196	24	210	49
CO ₂ (%)	15,1	14,2	13,4	12,3	15,1
O ₂ (%)	0,0	0,8	2,7	4,0	0,0
Lambda	1,001	1,015	1,141	1,199	0,997

Taulukko 3 Pakokaasupäästömittaukset

5.2.1 Antureiden vikatilat

Normaalin toimintakunnon päästöjen mittauksen ennen katalysaattoria ja katalysaattorin jälkeen tein sarjan yksinkertaisia testejä irrottamalla komponenttien liittimet irti. Liittimen ollessa irti mittasin päästöt pakoputken päästä sekä ennen katalysaattoria. Taulukossa 3 näkyvät mittauksien tulokset. Tutkittaessa normaalin toiminnan lukuja ennen katalysaattoria mitattuna, arvot eivät ole kovinkaan kaukana vähäpäästöisen- tai katalysaattoriauton raja-arvoista katsastuksessa.

Lambda-anturi poistaessa toiminnasta seos muuttuu selkeästi laihalle. CO ja HC arvot pysyvät ennallaan, mutta jäännöshapen määrä kasvaa huomattavasti, joten lambda-arvo nousee. Hyvin selkeästi tämä näkyy mitattuna ennen katalysaattoria. Kun lambda-anturin liitin on irti, antaa moottorinohjausyksikkö vikakoodia lambdan lämmityksen katkoksesta. Lambda-anturin kokonaan irti otto aiheuttaa pysyvän vikakoodin lambdan lämmityksestä. Testerillä katsottuna Lambda pystyy arvossa 1,008.

Imusarjanpaine-anturi poistettaessa toiminnasta joutokäynnillä mitään eroa ei näy normaaliin arvoihin. Vasta korotetuilla kierroksilla näkyy, että seos menee rikkaan puolelle. Todennäköisesti imusarjanpaine-tiedon puuttuessa ohjainyksikkö käyttää esiasetettua arvoa ja taulukkoa. Painetiedon ollessa todellista suurempi olettaa ohjaus täytöksen olevan suurempi kuin todellisuudessa ja lopputulos on rikkaampi seos. Välittömästi anturin irroitus ei sytyttänyt moottorin merkkivaloa kojelaudassa. Testerillä tutkittuna selvisi, että vikakoodit kirjautuivat väliaikaisiksi vioiksi. Tehtyäni 3 käynnistystä koneella anturi irti, viat muuttuivat pysyviksi vioiksi ja merkkivalo syttyi.

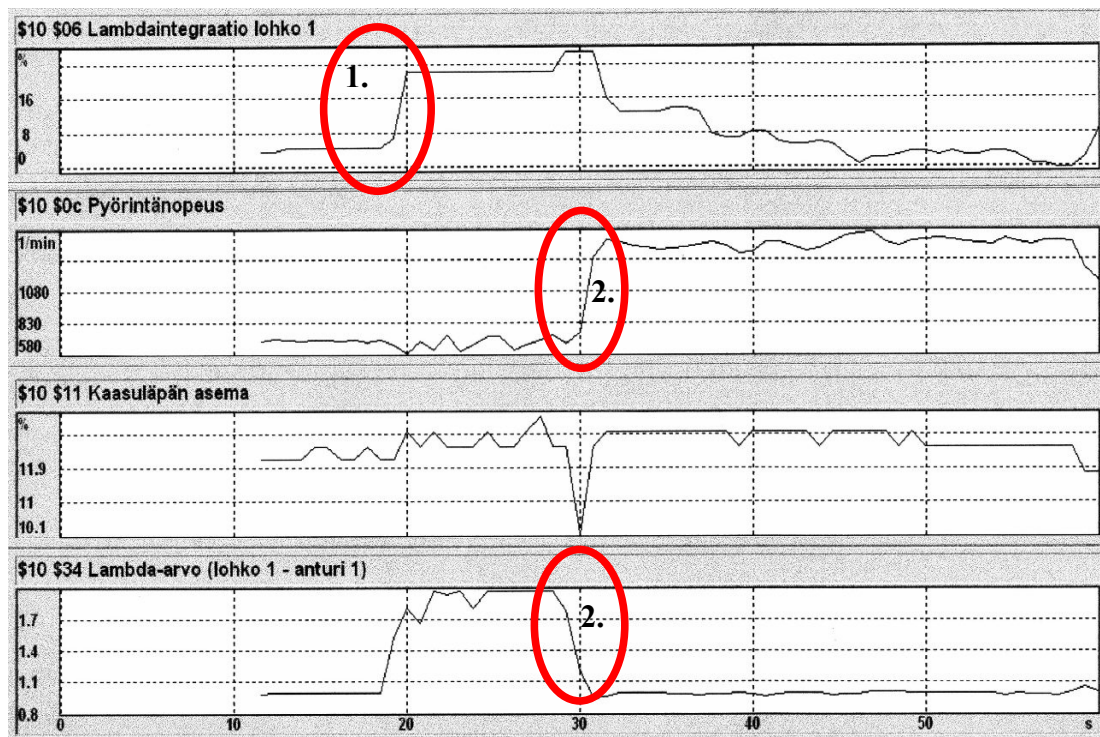


Kuva 10 Imuvuotoa varten käytetty palloventtiili

5.2.2 Imusarjan ilmavuoto

Seuraava tutkinnan kohde oli imuilmanvuoto, eli kaasuläpän jälkeen tapahtuva ylimääräisen ilman vuotaminen imusarjaan ja sitä kautta ylimääräisen hapen tulo palotapahtumaan. Mikäli moottorinohjaus ei kompensoi tilannetta muuttuu sylinterissä seos laihalle. Tarkoituksena oli seurata ja tutkia miten nopeasti ja millä tavalla moottorinohjaus huomioi ylimääräisen ilman vuotamisen. Käyttämällä palloventtiiliä imuvuotoa saatiin hallitusti suurennettua ja pienennettyä.

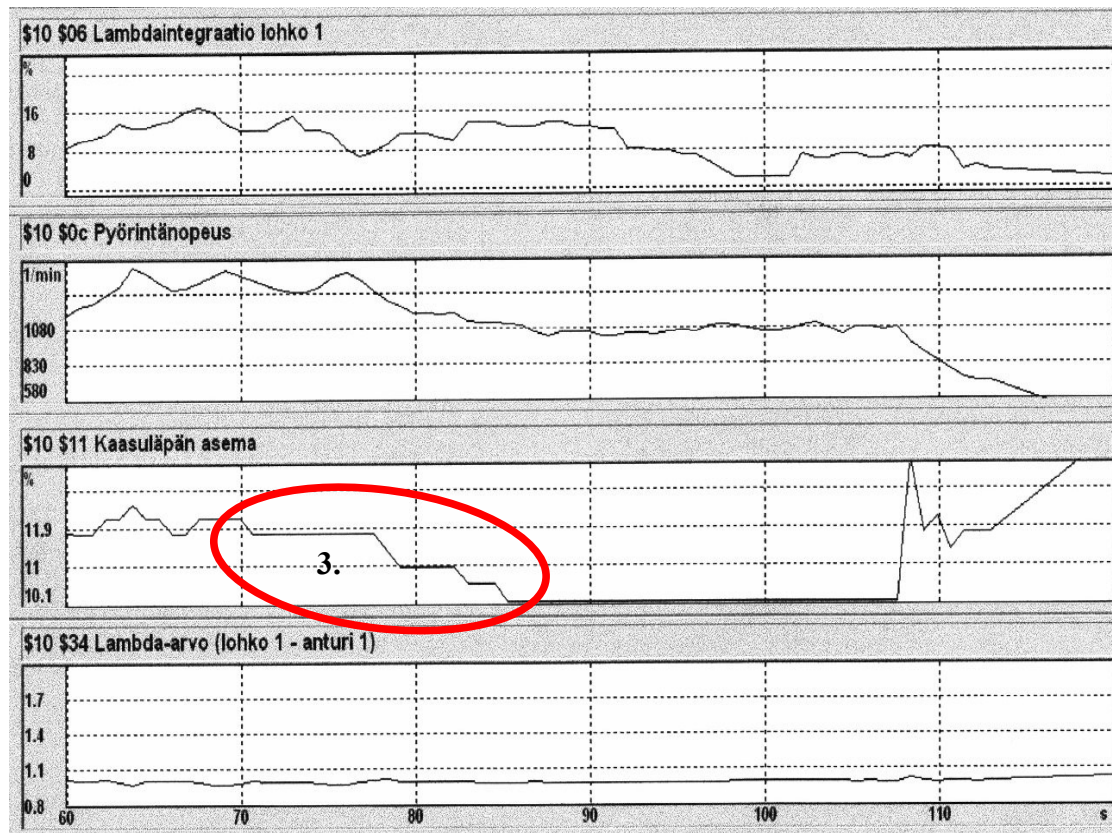
Nykyaikaisissa autoissa imusarjaan tulee monia liitoksia joiden kautta tai itse liitoksesta vuoto voi tapahtua. Muun muassa pakokaasuntakaisin kierrätys ja polttoainehöyryjen talteen keräyksen letku. Nykyään myös lähes kaikissa autoissa on muovinen imusarja joka on kevyt ja halvempi valmistaa, mutta potentiaalisesti siihen voi tulla helpommin murtumia tai halkeamia.



Kuva 11 Imuvuodon säätö

Ensimmäisenä annoin koneen käydä normaalia joutokäyntiä ja noin 15 sekunnin kohdalla avasin nopeasti palloventtiilin neljänneskierroksen eli puoliksi auki. Moottorin käynti muuttuu epätasaiseksi ja kestää noin 5 sekuntia kunnes lyhytaikainen seoksen säätö nousee yli 25% (kohdassa 1) ja pysyy siellä noin 12 sekuntia, jonka jälkeen asteittain laskee kohti nollaa. Lambdan arvo nousi aina 1,8 asti säädön aikana ja palasi normaaliin (kohdassa 2) moottorin nostaessa käyntinopeuden noin 1400rpm 30 sekunnin ajaksi ohjauksen yrittäessä löytää tasapaino. Normaalin joutokäynnin aikana kaasuläppä antaa asennokseen 12,5-13%. Korjatessaan imuvuotoa kaasuläpän asento laski minimissään 10%, mutta ei sen alle. 60 sekunnin kohdalla ohjaus koittaa laskea kierroksia, mutta kestää vielä noin 78 sekunnin kohdalle (Kuva 12, kohdassa 3.) ennen kuin

ohjaus sulkee kunnolla kaasuläppää laskien kierrosluvun noin 1050rpm. Kestää vielä noin 27 sekuntia ennen kuin kierrokset laskevat kohti normaalia.



Kuva 12 Imuvuodon säätö

Käynnin ja seoksen säädön tasaannuttua suljin venttiilin nopeasti takaisin kiinni. Tällä kertaa säätö vastaa nopeammin vaikka moottori meinaa pari kertaa sammua ennen kuin balanssi löytyy. Kun moottorin piti käynnissä tämän testin jälkeen ja toisti samanlaisen imuvuodon, moottorinohjaus oli oppinut reagoimaan tilanteeseen paremmin ja moottorin kierrosluku ei noussut.

RPM	730	1400-1500	3000
CO (%)	0,002	0,001	0,001
HC (ppm)	10	8	8
CO2 (%)	14,9	15,0	15,0
O2 (%)	0,1	0,0	0,0
Lambda	1,008	1,002	1,001

Taulukko 4 Päästömittaukset imuvuodosta

Imuvuodon aikana mittasin myös pakokaasupäästöt. Taulukossa 4 selviää, ettei imuvuoto käytännössä vaikuta laisinkaan pakokaasupäästöihin. Kaasupoljin oli täysin ylhäällä kahdessa ensimmäisessä mittauksessa ja kierrosluvun nousu johtuu kaasuläpän ohi pääsevästä ilmasta. 3000 kierroksen mittaukseen kaasupoljinta painettiin ja samalla testerillä mitattuna kaasuläpänasento oli 15,7%. Ilman imuvuotoa 3000 kierrokseen tarvitaan 17,3% kaasuläpän asento.

Avattaessa palloventtiili täysin auki imuvuoto on liian suuri, että moottorinohjaus saisi pidettyä kierrokset hallinnassa. Kierrosluku nousee vähän alle 2000 rpm jolloin suihkut katkeaa. Moottori jää pumppaamaan kierroksia 800 rpm ja 2000 rpm välissä kykenemättä hallitsemaan sitä, koska kaasuläpän ohi pääsee liian paljon happea. Vikakoodeja ei ilmaantunut imuvuotoja testatessa.

5.2.3 Muut testauskohteet

Tutkin myös NO_x-anturin ja pakokaasuntakaisinkierätys eli EGR-venttiilin vaikutuksia pakokaasupäästöihin. Kummankaan järjestelmän ollessa pois toiminnasta ei mitattavissa olleet päästökomponentit muuttuneet normaalista arvoistaan merkittävästi. Tämä johtui siitä, että moottoria käytettiin näissä testeissä ilman kuormaa jolloin palamislämpötilat eivät nouse tarpeeksi korkeiksi suurempien määrien NO_x-kaasun muodostumiseen. Myös laihaseosalueella käytettäessä kyseisillä järjestelmillä on suuri vaikutus laihaseoskäytön korkeamman palamislämpötilan takia.. Valitettavasti kyseisessä pakokaasu-analysaattorissa ei ole NO_x-kaasujen mittaamiseen anturia, joten sen tarkempi tutkinta jäi tekemättä.

6 POHDINTA

Työtä tehdessä tuli kerrattua monia asioita, joita ei ollut tehnyt pitkään aikaan, kuten hitsaus. Edellisen kerran hitsauslaitetta olin käyttänyt monia vuosia aikaisemmin. Työn käytännön painotteisuus oli hyvä, koska sai paremman tuntuman käytännön rakentamishommiin verrattuna täysin teoreettiseen työn tekemiseen. Aikataulullisesti toteuttamiseen olisi pitänyt varata enemmän aikaa, koska kaikkea ei ehditty toteuttaa.

Tuloksia katsoessa itselleni tuli yllätyksenä, ettei tämä 2000 luvun kehittynyt moottori vielä pääsisi ilman katalysaattoria läpi vähäpäästöisten- tai katalysaattoristen autojen katsastuksen päästörajoista. Kovin kauas näistä rajoista ei jääty, mutta itselläni oli mielikuva ennen testausta, että nykyaikainen moottori pääsisi niistä rajoista ilman katalysaattoriakin. Toki ollaan selvästi alle vanhemmista ilman katalysaattoria varustetuista autoista.

Tiukan aikataulun takia en päässyt toteuttamaan kaikkea, mitä olisin halunnut. Mielenkiintoista olisi ollut sijoittaa potentiometrejä muutamaaan antureiden antamia signaaleja. Loppujen lopuksi liitinten irroitus ajoi samana asian, koska ohjainlaitteen todettua anturin signaalin epäloogiseksi, virheelliseksi tai sen puuttuttua kokonaan, ohjaus siirtyy käyttämään esiasetettuja arvoja. Työssä tehdyistä vioissa kovin suuria päästöjen nousuja ei mitattu, mutta silti riittäviä aiheuttamaan hylkäyksen katsastuksessa, vaikkei vikakoodia edes syttyisi. Mielenkiintoista olisi myös käyttää kollektorissa olevaa liitosta lisäämään ilmaa ennen lambda-anturia ja tutkimaan miten moottori reagoi.

Kuten testauksissa kävi ilmi, moottorin laturissa on sisällä osittainen katkos, joka pakosarjan hohkaessa tarpeeksi pitkään lämpöä liittyy takaisin kiinni ja laturi tuottaa latausjännitettä. Lataus tosin on erittäin piikikästä, joten järjestelmän toiminnan kannalta olisi parasta, mikäli laturi vaihdettaisiin uuteen toimivaan.

Laihaseosalueen tutkiminen on varmasti yksi tärkeä kehittämisen alue kyseisessä laitteessa. Pitäisi ensin toteuttaa ABS-antureille hammaskehä ja sitä kautta nopeustieto moottorille, jotta laihaseoksen ehdot täyttyvät. Nähtäväksi jää kytkeytyykö laihaseos kun moottorissa ei ole lainkaan kuormaa. Eräs mahdollinen ratkaisu voisi olla sähkömoottori tai generaattori, joka kytkettäisiin moottoriin kiinni antamaan tasainen kuorma. Laihaseosalueella toimivan moottorin pakokaasupäästöjen mittaaminen olisi todella mielenkiintoinen tutkimisen kohde. Muun muassa moottorin NO_x-päästöjen mittaaminen laihaseoksella olisi hyvä tutkimuksen kohde. Lisäämällä nykyiseen pakoputkeen mittausproppu myös normaalin katalysaattorin ja NO_x-varaajan väliin saataisiin tutkia komponenttien toimintaa. Laihaseosmoottorit yleistyvät varmasti tulevaisuudessa, koska Euroopan Unionin päästönormit tiukkenevat ja autonvalmistajilla on jo tiukkenevat hiilidioksidirajoitukset hoidettavanaan.

LÄHTEET

- /1/ Autoalan Koulutuskeskus Oy. Moottorialan Sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2005
- /2/ Robert Bosch GmbH. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy. 2003
- /3/ Ajoneuvohallintokeskus AKE. WWW-dokumentti.
http://www.ake.fi/AKE/Katsastus_ja_ajoneuvotekniikka/Katsastus+2/Määräaikaikatsastus/Määräaikaikatsastus.htm. 26.11.2009
- /4/ Euroopan Unioni. Direktiivi 98/69/EC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0069:FI:NOT>
- /5/ Euroopan Unioni. Direktiivi 91/441/EEC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0441:FI:NOT>
- /6/ Euroopan Unioni. Direktiivi 94/12/EC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994L0012:FI:NOT>
- /7/ Euroopan Unioni. Direktiivi 2002/80/EC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0080:FI:NOT>
- /8/ Euroopan Unioni. Direktiivi 2007/715/EC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007R0715:FI:NOT>

LIITTEET

LIITE 1. FSI-moottorin toimintakaavio

